

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования



**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

13.06.01 Электро- и теплотехника/ 05.14.12 Техника высоких напряжений  
Инженерная школа энергетики  
Отделение электроэнергетики и электротехники

**Научный доклад об основных результатах подготовленной  
научно-квалификационной работы**

Тема научного доклада
<b>Разработка технологии получения оксидно-цинковых материалов с нелинейной вольт-амперной характеристикой</b>

УДК 666.651.2:546.47–31:621.316.849

Аспирант

Группа	ФИО	Подпись	Дата
А6–45	Осокина Лилия Витальевна		

Руководитель профиля подготовки

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Профессор	Ремнев Геннадий Ефимович	Д.Т.Н		

И.о. руководителя отделения

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ивашутенко Александр Сергеевич	К.Т.Н		

Научный руководитель

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Ивашутенко Александр Сергеевич	К.Т.Н		

Томск – 2020 г.

Для повышения надежности и стабильности работы современных электронных и электроэнергетических систем используют ограничители перенапряжений с высоко нелинейной вольт – амперной характеристикой – варисторы.

Показателем стабильности электрофизических характеристик варистора является однородность распределения легирующей примеси из оксидов металлов в основном объеме оксидно – цинкового материала. Считается, что использование ультрадисперсных порошков при изготовлении варисторной керамики наилучшим образом влияет на свойства готового устройства.

В силу своей нелинейности, варистор способен при превышении напряжением максимально допустимого значения резко уменьшать сопротивление (с тысяч МОм до десятков Ом) и шунтировать нагрузку, так что ток помехи начинает протекать через него, а не через защищаемые компоненты электрической цепи. При этом поглощенная энергия рассеивается в окружающую среду в виде тепла. Такие свойства определяются внутренней поликристаллической структурой варистора, состоящей из кристаллов оксида цинка ( $\text{ZnO}$ ), обладающих проводимостью, и высокоомной межзерновой фазы, состоящей из допантов оксидов металлов, таких как  $\text{Bi}_2\text{O}_3$ ,  $\text{CoO}$  ( $\text{Co}_3\text{O}_4$ ),  $\text{Sb}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MnO}$  ( $\text{MnO}_2$ ),  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ,  $\text{TiO}_2$  и др.

Наиболее важной легирующей примесью является  $\text{Bi}_2\text{O}_3$ , именно композиция  $\text{ZnO} - \text{Bi}_2\text{O}_3$  присутствует в основе большинства получаемых варисторных керамик, так как  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  помимо придания неомического поведения варистору обеспечивает возможность спекания объемных образцов через жидкую фазу.

В промышленном производстве варисторной керамики для введения в большой объем  $\text{ZnO}$  малого процента (8 – 15 %) легирующих добавок оксидов используются методы энергетического и высокоэнергетического шарового помола. Недостатком которых является большой разброс получаемых частиц по размерам, так как затруднительно равномерно измельчить порошок в мельницах. Также для достижения однородного перемешивания малого

количества легирующей примеси в большом объеме основного материала (ZnO) необходимая длительность работы мельницы может составлять от 100 до 300 часов, что в свою очередь приводит к большому количеству нежелательных примесей, внесенных в результате загрязнения конструкционными материалами.

В данной работе показана принципиальная возможность получения ультрадисперсных композиционных материалов ZnO–Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> со структурой ядро-оболочка в едином кратковременном цикле работы коаксиального магнитоплазменного ускорителя. Благодаря особенностям этого способа возможно равномерное распределение добавки Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub> в основном материале, состоящего из ZnO. Применение синтезированного порошкообразного композита со структурой ядро-оболочка оказывает положительное влияние на структуру керамики, получаемой искровым плазменным спеканием. Полученная керамика характеризуется мелкозернистой структурой ZnO (средний размер зерен ~ 1,3 мкм) с равномерно заполненным межзеренным пространством с Bi<sub>2</sub>O<sub>3</sub>. Исследование вольтамперных характеристик в сравнении с другими керамическими образцами показывает перспективность использования плазмодинамического синтеза для получения исходных композиционных материалов для создания варисторов. Улучшение электрических свойств полученной керамики возможно за счет введения в процесс плазмодинамического синтеза других оксидных добавок.